

## (12) BREVET D'INVENTION

- (11) N° de publication : **MA 49660 B1**
- (43) Date de publication : **29.11.2024**
- (51) Cl. internationale : **B32B 15/01; C21D 1/19; C21D 1/25; C21D 6/00; C22C 38/06; C21D 9/46; C22C 38/02; C22C 38/04; C21D 8/02**

- 
- (21) N° Dépôt : **49660**
- (22) Date de Dépôt : **03.07.2015**
- (30) Données de Priorité : **03.07.2014 WO PCT/IB2014/002285**
- (71) Demandeur(s) : **ArcelorMittal, 24-26 Boulevard d'Avranches 1160 Luxembourg (LU)**
- (72) Inventeur(s) : **ARLAZAROV, Artem ; XU, Wei**
- (74) Mandataire : **ABU-GHAZALEH INTELLECTUAL PROPERTY (TMP AGENTS)**
- (86) N° de dépôt auprès de l'organisme de validation :19218276.4

---

(54) Titre : **PROCÉDÉ DE FABRICATION D'UNE FEUILLE D'ACIER HAUTE RÉSISTANCE ET FEUILLE OBTENUE SELON LE PROCÉDÉ**

- (57) Abrégé : Procédé de fabrication d'une tôle d'acier à haute résistance ayant une résistance à la traction supérieure à 1100 MPa et une limite d'élasticité supérieure à 700 MPa, un allongement uniforme UE d'au moins 8,0 % et un allongement total d'au moins 10 %, constituée d'un acier contenant en pourcentage en poids : 0,1 % = C = 0,25 %, 4,5 % = Mn = 10 %, 1 % = Si = 3 %, 0,03 % = Al = 2,5 %, le reste étant du Fe et des impuretés résultant de la fusion, la composition étant telle que  $CMnIndex = Cx(1 + Mn/3,5) = 0,6$ , le procédé comprenant les étapes de recuit d'une tôle laminée constituée dudit acier par trempage à une température de recuit TA supérieure à la Point de transformation Ac1 de l'acier mais inférieur à 1000°C, refroidissement de la tôle recuite à une température de trempage QT comprise entre 190°C et 80°C à une vitesse de refroidissement suffisante pour obtenir une structure juste après refroidissement contenant de la martensite et de l'austénite résiduelle, maintien de la tôle d'acier à une température de survieillissement PT comprise entre 350°C et 500°C pendant un temps de survieillissement Pt supérieur à 5 s refroidissement de la tôle jusqu'à la température ambiante.

REVENDICATIONS

1. Procédé de fabrication d'une tôle d'acier à haute résistance dotée d'une résistance à la traction supérieure à 1100 MPa, une limite d'élasticité supérieure à 700 MPa, un allongement uniforme UE d'au moins 8,0 % et un allongement total d'au moins 10,0 %, constituée d'un acier contenant en pourcentage en poids :

$$0,1 \% \leq C \leq 0,25 \%$$

$$4,5 \% \leq Mn \leq 10 \%$$

$$1 \% \leq Si \leq 3 \%$$

$$0,03 \leq Al \leq 2,5 \%$$

le reste étant constitué de Fe et d'impuretés résultant de la fusion, les impuretés comprenant du N, S, P et les éléments résiduels comprenant du Cr, Ni, Mo, Cu et B, la teneur en N étant inférieure à 0,01 %, la teneur en S inférieure à 0,01 %, la teneur en P inférieure à 0,02 %, la teneur en Cr inférieure à 0,1 %, la teneur en Ni inférieure à 0,1 %, la teneur en Mo inférieure à 0,05 %, la teneur en Cu inférieure à 0,2 % et la teneur en B inférieure à 0,0010 %, la composition étant telle que :

$$CMnIndex = Cx(1 + Mn/3,5) < 0,6$$

C et Mn étant les teneurs en C et Mn en % en poids, le procédé comprenant les étapes consistant à :

- recuire une tôle laminée faite de cet acier en la trempant à une température de recuit TA supérieure au point de transformation  $Ac_1$  de l'acier et supérieure au point de transformation  $Ac_3$  de l'acier mais inférieure à 1000 °C, et en maintenant la tôle à la température de recuit pendant 60 s à 200 s,
- refroidir la tôle recuite à une température de trempe QT comprise entre 190° et 80 °C, à une vitesse de refroidissement suffisante pour obtenir une structure juste après refroidissement contenant de la martensite et de l'austénite retenue, la température de trempe QT étant telle que la structure de l'acier après traitement thermique contient au moins 20 % d'austénite retenue et au moins 65 % de martensite, la somme des teneurs en ferrite et en bainite étant inférieure à 10 %,
- maintenir la tôle d'acier à une température de sur-vieillessement PT comprise entre 350 °C et 500 °C pendant une durée de sur-vieillessement Pt supérieure à 5 s et,
- refroidir la tôle jusqu'à la température ambiante,

dans lequel la teneur en éléments microstructuraux est donnée sous forme de fraction de surface sur la base d'images prises au microscope optique et à balayage.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que la composition chimique de l'acier est telle que :

16

$$0,15 \% \leq C \leq 0,25 \%$$

$$4,5 \% \leq Mn \leq 5,5 \%$$

$$1,4 \% \leq Si \leq 1,8 \%$$

$$0,03 \leq Al \leq 2,5 \%$$

$$5 \quad Cx(1 + Mn/3,5) < 0,6,$$

en ce que la température de recuit AT est supérieure à 760 °C, la température de trempe QT est inférieure à 170 °C et la structure de l'acier contient entre 20 % et 30 % d'austénite retenue.

10            3. Procédé selon la revendication 2, caractérisé en ce que la température de trempe QT est inférieure à 150 °C.

15            4. Procédé selon la revendication 2 ou 3, caractérisé en ce que la température de sur-vieillissement PT est comprise entre 380 °C et 470 °C et en ce que la tôle est maintenue à la température de sur-vieillissement pendant une durée Pt comprise entre 90 s et 600 s.

20            5. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que la composition chimique de l'acier est telle que :

$$0,15 \% \leq C \leq 0,25 \%$$

$$6,5 \% \leq Mn \leq 7,5 \%$$

$$1,4 \% \leq Si \leq 1,8 \%$$

$$0,03 \leq Al \leq 2,5 \%$$

$$Cx(1 + Mn/3,5) < 0,6$$

25            et en ce que la température de recuit AT est supérieure à 710 °C, la température de trempe QT est comprise entre 120 °C et 180 °C, la température de sur-vieillissement PT est comprise entre 350 °C et 470 °C et la durée de sur-vieillissement Pt est comprise entre 5 s et 600 s.

30            6 - Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que la composition chimique de l'acier est telle que :

$$0,03 \% \leq Al \leq 0,5 \%$$

35            7 - Procédé selon la revendication 6, caractérisé en ce que la composition chimique de l'acier est telle que :

$$Si + Al \geq 1,4 \%$$

8 - Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que la composition chimique de l'acier est telle que :

$$1,4 \% \leq \text{Al} \leq 2,5 \%$$

5

9. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que la température de sur-vieillissement PT est comprise entre 440 °C et 470 °C et que la tôle est maintenue à la température de sur-vieillissement pendant une durée Pt comprise entre 5 s et 60 s.

10

10. Procédé selon la revendication 9, caractérisé en ce qu'au moins une partie du maintien à la température de sur-vieillissement est réalisée par le passage de la tôle dans un bain de revêtement par immersion à chaud.

15

11. Procédé selon la revendication 10, caractérisé en ce que, après le passage dans un bain de revêtement par immersion à chaud et avant le refroidissement à la température ambiante, la tôle est maintenue à une température comprise entre 480 °C et 570 °C.

20

12. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 11, caractérisé en ce que le recuit, la trempe et le sur-vieillissement sont effectués sur une ligne de traitement thermique continue telle qu'une ligne de recuit continue qui comprend éventuellement une section de revêtement à chaud.

25

13. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 12, caractérisé en ce que la tôle laminée est préparée par laminage et que la préparation de la tôle par laminage comprend un laminage à chaud et éventuellement un laminage à froid.

30

14. Tôle d'acier à haute résistance dotée d'une résistance à la traction supérieure à 1100 MPa, d'une limite d'élasticité supérieure à 700 MPa, d'un allongement uniforme UE d'au moins 8,0 % et d'un allongement total d'au moins 10,0 %, caractérisée en ce que la composition chimique de l'acier contient, en pourcentage en poids :

$$0,1 \% \leq \text{C} \leq 0,25 \%$$

$$4,5 \% \leq \text{Mn} \leq 10 \%$$

35

$$1 \leq \text{Si} \leq 3 \%$$

$$0,03 \leq \text{Al} \leq 2,5 \%$$

le reste étant constitué de Fe et d'impuretés résultant de la fusion, les impuretés comprenant du N, S, P et les éléments résiduels comprenant du Cr, Ni, Mo, Cu et B, la teneur en N étant inférieure à 0,01 %, la teneur en S inférieure à 0,01 %, la teneur en P inférieure à 0,02 %, la teneur en Cr inférieure à 0,1 %, la teneur en Ni inférieure à 0,1 %, la teneur en Mo inférieure à 0,05 %, la teneur en Cu inférieure à 0,2 % et la teneur en B inférieure à 0,0010 %, la composition étant telle que :

$$CMnIndex = Cx(1 + Mn/3,5) < 0,6,$$

C et Mn étant les teneurs en C et Mn en % en poids,

et en ce que la structure de l'acier contient au moins 20 % d'austénite retenue et au moins 65 % de martensite, la somme des teneurs en ferrite et en bainite étant inférieure à 10 %, dans lequel la teneur en éléments microstructuraux est donnée sous forme de fraction de surface sur la base d'images prises au microscope optique et à balayage.

15. Tôle d'acier à haute résistance selon la revendication 14, caractérisée en ce que la composition chimique de l'acier est telle que :

$$0,15 \% \leq C \leq 0,25 \%$$

$$4,5 \% \leq Mn \leq 5,5 \%$$

$$1,4 \% \leq Si \leq 1,8 \%$$

$$0,03 \leq Al \leq 2,5 \%$$

20  $CMnIndex = Cx(1 + Mn/3,5) < 0,6.$

16. Tôle d'acier à haute résistance selon la revendication 15, caractérisée en ce que la limite d'élasticité YS est supérieure à 1100 MPa, la résistance à la traction TS est supérieure à 1350 MPa, l'allongement uniforme UE est supérieur à 10 % et l'allongement total TE est supérieur à 12 %.

17. Tôle d'acier à haute résistance selon la revendication 14, caractérisée en ce que la composition chimique de l'acier est telle que :

$$0,15 \% \leq C \leq 0,25 \%$$

$$6,5 \% \leq Mn \leq 7,5 \%$$

$$1,4 \% \leq Si \leq 1,8 \%$$

$$0,03 \leq Al \leq 2,5 \%$$

$$Cx(1 + Mn/3,5) < 0,6$$

et en ce que la limite d'élasticité YS est supérieure à 1000 MPa et la résistance à la traction TS est supérieure à 1100 MPa.

à 17, caractérisée en ce que la composition chimique de l'acier est telle que :

$$0,03 \% \leq Al \leq 0,5 \%$$

19 - Tôle d'acier à haute résistance selon la revendication 18, caractérisée en ce que la composition chimique de l'acier est telle que :

5 
$$Si + Al \geq 1,4 \%$$

20 - Tôle d'acier à haute résistance selon l'une quelconque des revendications 14 à 17, caractérisée en ce que la composition chimique de l'acier est telle que :

$$1,4 \% \leq Al \leq 2,5 \%$$

10 21. Tôle d'acier à haute résistance selon l'une quelconque des revendications 14 à 20, caractérisée en ce qu'au moins une de ses faces comporte un revêtement métallique.